

# Análise de Desempenho de Redes Elásticas com Distribuição de Rotas Orientadas pela Densidade Populacional

Kelly Cristina Maciel da Silva Costa; Luiz Henrique Bonani

Universidade Federal do ABC (UFABC), Avenida dos Estados, 5001 - Santo André – SP, 09210-580, Brasil

kelly.maciel@aluno.ufabc.edu.br

**Resumo:** Este trabalho tem o propósito de analisar o desempenho e a distribuição de rotas orientadas pela densidade populacional em redes elásticas. Mediante essa perspectiva, serão avaliados cenários reais, em que a distribuição não homogênea de rotas será embasada na densidade demográfica de cada nó a ser considerado — em que redes reais (como a NFSNET, por exemplo) serão instrumentos de estudo. Tendo isso em vista, será observado o desempenho das respectivas redes mediante o *quantum* de requisições de cada nó.

## 1. Introdução

A Rede Óptica Elástica (EON) é uma proposta tecnológica inteligente de alocação espectral, cuja abordagem se fundamenta na otimização dos recursos disponíveis para o atendimento das requisições, promovendo a redução dos desperdícios espectrais e, conseqüentemente, maior aproveitamento da rede [1]. As EONs são capazes de aumentar a eficiência do sistema por possibilitarem a flexibilização da capacidade do canal, cuja variação corresponde diretamente à demanda de largura de banda de cada requisição [2]. Esse artifício é admitido devido às redes elásticas possuírem unidades de divisão de espectro denominadas como *slots* de frequência, cuja largura espectral promove maior granularidade para acomodar as requisições.

Diferentemente das redes WDM (*Multiplexing by division of Lengths Wavelength*), que utilizam grades fixas com grandes espaçamentos — de 50 GHz e 100 GHz, padronizados pela União Internacional de Telecomunicações (ITU) —, as EONs possuem menor largura espectral ( $\leq 12\text{GHz}$ ) [3], permitindo maior eficiência na alocação das demandas.

Em uma rede real, a distribuição de rotas deve ser analisada de uma forma não homogênea, uma vez que as demandas estão relacionadas à variabilidade quantitativa de requisições de cada nó. A análise realizada por uma distribuição equitativa (homogênea) de rotas é uma perspectiva considerável, entretanto não reflete a realidade de uma rede. Pensando nisso, a ideia é manipular as probabilidades reais e analisar parâmetros de desempenho e distribuição que considere tamanhos diferenciados de rotas, entretanto com o fito de se garantir a justa (*fairness*) atribuição de recursos no atendimento das solicitações.

Em suma, a realização deste trabalho irá promover uma modificação no cenário de distribuição igualitária de rotas por considerar a variabilidade da densidade demográfica de cada nó. Mediante tais condições, será feito um estudo sobre o desempenho das redes que serão utilizadas, a fim de se obter uma representação mais próxima da realidade.

## 2. Estratégias Utilizadas

Inicialmente, haverá uma modificação na distribuição igualitária das rotas da rede a ser analisada. Portanto, as probabilidades de atendimento que antes eram iguais, serão modificadas conforme as suas respectivas demandas.

Para que haja maior elucidação sobre o trabalho, serão definidos a seguir os dois tipos de nós de uma rede:

- **nós de núcleo ou de passagem:** são definidos exclusivamente para roteamento;
- **nós de borda:** são definidos como fonte e destino de conexões, além de roteamento.

Com isso, considere uma rede fictícia com 4 nós de borda (0, 1, 3, 4) e 1 nó de núcleo (2), conforme a Figura 1.

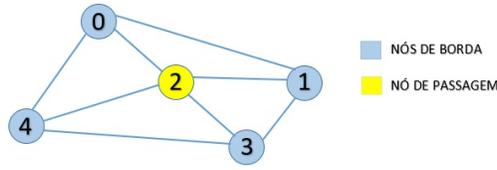


Figura 1. Topologia fictícia com 4 nós de borda e 1 nó de núcleo

A quantidade total de conexões ( $Q_{con}$ ) de uma determinada topologia é determinada pela multiplicação do número de seus respectivos nós de borda pelo mesmo valor subtraído 1, portanto, na Figura 1, há 12 conexões ( $4 \times 3$ ). Uma distribuição homogênea de rotas promove a equidade de atendimento entre os nós de borda de uma determinada rede, resultando em uma distribuição probabilística igualitária. Entretanto, é perceptível que esse modelo não considera a variabilidade quantitativa das requisições de cada nó e, conseqüentemente, não representa a real situação de uma rede. Tendo isso em vista, as diferenças de probabilidade no atendimento das solicitações são fundamentais para representar mais fidedignamente o desempenho e a distribuição de rotas em uma rede elástica. A distribuição de rotas é sobre o número de usuários que detém cada nó de uma rede, independentemente do paralelismo existente entre a densidade demográfica local. Na Tabela 1 foram atribuídos valores de densidade populacional fictícios para cada

Tabela 1. Distribuição probabilística de rotas em uma topologia

Nós Origem→Destino	Dens. Pop. Origem+ Destino.	Dens. Pop. Total( $DPT$ )	Prob. Hom. ( $P_{Hom} = 1 \div 12$ )	Prob. Het. ( $P_{Het} = DPT \div TP$ )
0→1	30.000+50.000	80.000	0,0833	0,1212
0→3	30.000+20.000	50.000	0,0833	0,0756
0→4	30.000+10.000	40.000	0,0833	0,0606
1→0	50.000+30.000	80.000	0,0833	0,1212
1→3	50.000+20.000	70.000	0,0833	0,1061
1→4	50.000+10.000	60.000	0,0833	0,0909
3→0	20.000+30.000	50.000	0,0833	0,0756
3→1	20.000+50.000	70.000	0,0833	0,1061
3→4	20.000+10.000	30.000	0,0833	0,0455
4→0	10.000+30.000	40.000	0,0833	0,0606
4→1	10.000+50.000	60.000	0,0833	0,0909
4→3	10.000+20.000	30.000	0,0833	0,0455
$\sum_{i=1}^{12} a_i =$		660.000 ( $TP$ )	$\simeq 1$	$\simeq 1$

nó da topologia. Com isso, foi realizada a soma dos valores correspondentes às conexões consideradas e inseridas as devidas probabilidades. Considerando uma situação de distribuição homogênea — em que cada conexão teria a mesma probabilidade ( $P_{Hom}$ ) —, o cálculo foi determinado pela divisão de 1 por  $Q_{con}(12)$ , resultando em um valor de  $\simeq 0,0833$ . Em contrapartida, considerando uma distribuição heterogênea — em que as conexões teriam probabilidades diferentes ( $P_{Het}$ ) —, o cálculo foi determinado pela divisão da densidade populacional total ( $DPT$ ) de cada conexão pelo total pessoas ( $TP$ ). Há maior eficiência espectral em distâncias curtas, por isso haverá métodos para *fairness*.

### 3. Referências

- [1] L. H. Bonani, et. al., *Network Fragmentation Measure in Elastic Optical Networks*, (2019).
- [2] B. C. Chatterjee, *Routing and Spectrum Allocation in Elastic Optical Networks: A Tutorial*, IEEE Commun. Mag., vol.17, no. 3, pp. 1776–1800, (2015).
- [3] L. H. Bonani, et al., *On the Load Normalization in Elastic Optical Networks*, ICTON (2019).